

Research Article

Efikasi Asap Cair dari Kayu Bengkirai terhadap *Phytophthora citrophthora*

Efficacy of Liquid Smoke Produced from Bengkirai Wood against on Phytophthora citrophthora

Hasan Ashari Oramahi¹⁾, Elvi Rusmiyanto. P. Wardoyo^{2)*}, & Kustiati²⁾

¹⁾Fakultas Kehutanan, Universitas Tanjungpura
Jln. Imam Bonjol, Pontianak, Kalimantan Barat 78124

²⁾Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura
Jln. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, Kalimantan Barat 78124

*Penulis untuk korespondensi. E-mail: elvi.rusmiyanto@fmipa.untan.ac.id

Diterima 6 Februari 2018; diterima untuk diterbitkan 19 September 2018

ABSTRACT

Bengkirai is one of kind of woods usually used for furnitures and produces lots of woodcuts. This woodcut become the raw material for liquid smoke. The efficacy of liquid smoke produced from bengkirai wood against *Phytophthora citrophthora* was evaluated. The aim of this research was to evaluate antimicrobial properties of liquid smoke from bengkirai wood against *P. citrophthora*. Three kinds of liquid smoke were used in three temperatures i.e., 350, 400 and 450°C. Efficacy of liquid smoke from bengkirai wood for antimicrobial used PDA medium. Simple linear regression was used to measured the effect of liquid smoke concentration to inhibition of *P. citrophthora* growth. The relationship between the concentration of liquid smoke (X) and inhibition of fungal growth, *P. citrophthora* (Y) at 350, 400, and 450°C were $Y = 24.51 + 5.27X$ ($r^2 = 0.98$), $Y = 54.31 + 5.53X$ ($r^2 = 0.92$), and $Y = 51.32 + 16.87X$ ($r^2 = 0.80$). The results showed that the concentration of liquid smoke was significantly different for inhibition of *P. citrophthora* growth. The higher the concentration the higher the inhibition of microbial growth. The highest inhibition was on liquid smoke of bengkirai wood with temperature pyrolysis of 450°C and concentration of liquid smoke of 1% with average value of 100%.

Keywords: bengkirai wood, efficacy, inhibition of microbial growth, liquid smoke, *Phytophthora citrophthora*

INTISARI

Bengkirai merupakan bahan baku pembuatan furniture yang banyak menghasilkan limbah potongan kayu. Limbah potongan kayu ini dapat dijadikan sebagai sumber pembuatan asap cair. Penelitian tentang efikasi asap cair dari kayu bengkirai terhadap *Phytophthora citrophthora* telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sifat antimikrobia asap cair kayu bengkirai dalam menghambat pertumbuhan *P. citrophthora* secara *in vitro*. Tiga jenis asap cair kayu bengkirai hasil pirolisis pada suhu 350, 400, dan 450°C. Medium PDA digunakan untuk efikasi asap cair kayu bengkirai terhadap pertumbuhan *P. citrophthora*. Analisis regresi linier sederhana digunakan untuk mengevaluasi pengaruh konsentrasi terhadap daya hambat pertumbuhan *P. citrophthora*. Konsentrasi asap cair kayu bengkirai yang digunakan adalah 0; 0,5; 1,0; 1,5 dan 2,0 %, v/v. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan antara konsentrasi asap cair (X) dan daya hambat pertumbuhan *P. citrophthora* (Y) pada suhu pirolisis asap cair 350, 400, dan 450°C berturut-turut adalah $Y = 24,51 + 5,27X$ ($r^2 = 0,98$), $Y = 54,31 + 5,53X$ ($r^2 = 0,92$), dan $Y = 51,32 + 16,87X$ ($r^2 = 0,80$). Makin tinggi konsentrasi asap cair kayu bengkirai makin tinggi daya hambat terhadap pertumbuhan *P. citrophthora*. Daya hambat pertumbuhan *P. citrophthora* tertinggi (100 %) pada perlakuan asap cair kayu bengkirai yang diproduksi pada suhu pirolisis 450°C dan konsentrasi 1 %.

Kata kunci: asap cair, efikasi, daya hambat, kayu bengkirai, *Phytophthora citrophthora*

PENDAHULUAN

Phytophthora citrophthora merupakan penyebab penyakit busuk pangkal batang pada jeruk di daerah penanaman jeruk di seluruh dunia (Ortuno *et al.*, 2002; Alvarez *et al.*, 2008; Yassen *et al.*, 2010). Pengendalian *P. citrophthora* pada tanaman jeruk yang dilakukan selama ini dengan penggunaan fungisida

sintetis. Namun pengendalian *P. citrophthora* menggunakan bahan kimia sintetis menimbulkan dampak negatif seperti adanya akumulasi residu pada buah jeruk (Cabras *et al.*, 1999).

Upaya yang dilakukan untuk mengatasi adanya residu tersebut adalah pengendalian mikrobia menggunakan bahan alami, salah satunya pemanfaatan

asap cair. Asap cair adalah produk dari hasil pembakaran kayu melalui pirolisis pada suhu tinggi tanpa udara (Lee *et al.*, 2011). Komponen kayu sebagai bahan bakar produksi asap cair terdiri atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Stefanidis *et al.*, 2014; Choi *et al.*, 2015). Beberapa peneliti telah melaporkan bahwa asap cair dapat digunakan sebagai antijamur (Baimark & Niamsa, 2009; Oramahi & Yoshimura, 2013; Theapparath *et al.*, 2014), antirayap (Yatagai *et al.*, 2002; Indrayani *et al.*, 2012; Oramahi *et al.*, 2014), dan antiserangga (Prabowo *et al.*, 2016).

Penggunaan asap cair dari kayu batang kelapa mempunyai kemampuan dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* pada konsentrasi 3% (Mugiastuti & Manan, 2009). Baimark dan Niamsa (2009) menyatakan bahwa asap cair yang diperoleh dari tempurung kelapa, bambu, dan kayu *eucalyptus* memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan *Penicillium griseofulvum*. Asap cair dari cangkang *Pistacia vera* L. (*pistachio*) mempunyai aktivitas anti-jamur dalam menghambat pertumbuhan *Aspergillus niger*, *Trichoderma viridae*, *Coriolus versicolor*, dan *Trichophyton rubrum* (Okutucu *et al.*, 2011). Asap cair tempurung kelapa mempunyai sifat anti-jamur dalam menghambat pertumbuhan *Polyporus sanguineus* (L.) G. Mey sebesar 81,5% dan *Tyromyces palustris* Berk M & A Curtis) sebesar 90% (Shiny *et al.*, 2014).

Daya hambat asap cair terhadap pertumbuhan mikroorganisme sangat dipengaruhi oleh komponen kimia dan bahan baku sumber asap cair. Komponen kimia asap cair dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain suhu pirolisis dan komponen proksimat penyusun kayu sebagai bahan baku seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin. Perbedaan komponen kimia asap cair terutama kandungan fenol dan asam diduga sangat mempengaruhi kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan jamur. Aisyah *et al.* (2013) menyatakan bahwa asap cair hasil tempurung kelapa mampu menghambat pertumbuhan koloni *Colletotrichum gloeosporoides* dan *F. oxysporum* dengan daya hambat masing-masing sebesar 5,59–97,85% dan 6,06–94,97% pada konsentrasi antara 0,25–6,0%.

Suhu pirolisis produksi asap cair menyebabkan perubahan komponen kimia penyusun asap cair seperti fenol dan turunan fenol. Kim *et al.* (2010) mengungkapkan bahwa bahwa komponen fenol dan turunan fenol asap cair cangkang kelapa sawit

maksimum diperoleh pada suhu pirolisis 475°C. Selanjutnya Oramahi *et al.* (2014) menyatakan bahwa asap cair hasil pirolisis kayu laban mempunyai komponen kimia dominan seperti 2-propanon, metanol, 2-propanon 1-hidroksi, asam asetat, 2-metoksifenol dan fenol.

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilaksanakan kajian produksi asap cair dari kayu bengkirai pada suhu pirolisis 350, 400, dan 450°C dan mengevaluasi kemampuan daya hambat asap cair terhadap *P. citrophthora*. Mikrobia ini mempunyai dampak terhadap penurunan hasil panen jeruk di berbagai daerah penanaman jeruk Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sifat antimikrobia asap cair terhadap *P. citrophthora*.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Persiapan bahan baku kayu bengkirai dilakukan di Laboratorium *Wood Workshop*, Fakultas Kehutanan, Universitas Tanjungpura, Pontianak. Pembuatan asap cair dilakukan di Laboratorium Rekayasa Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Perlakuan asap cair terhadap *P. citrophthora* diuji di Laboratorium Biologi Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, Pontianak.

Pirolisis Asap Cair

Produksi asap cair diperoleh dengan cara alat pirolisis (Tranggono *et al.*, 1996). Kayu bengkirai terlebih dulu dikeringanginkan. Selanjutnya kayu dihaluskan menjadi serbuk menggunakan alat *disk mill* (*Model FFC-23, Qingdao Dahua Double Circle Machinery, China*). Serbuk kayu bengkirai digunakan sebagai bahan baku produksi asap cair. Asap cair diproduksi dengan alat pirolisis, dengan tahapan sebagai berikut: serbuk kayu bengkirai dimasukkan ke dalam reaktor kemudian ditutup dan rangkaian kondensor dipasang, setelah itu dapur pemanas dihidupkan. Suhu pirolisis yang digunakan adalah suhu 350, 400, dan 450°C dengan waktu pirolisis selama 90 menit. Asap yang mengalir dari reaktor, selanjutnya dialirkan ke kolom pendingin melewati pipa penyalur, kemudian ke dalam kolom pendingin ini dialirkan air dingin melalui pompa. Produk embunan berupa asap cair ditampung dalam erlenmeyer 2 liter, dan produk asap yang tidak mampu mengembun dialirkan melalui pipa pembuangan.

Pengujian Pengaruh Asap Cair terhadap Pertumbuhan *P. citrophthora*

Isolat *P. citrophthora* diperoleh dari Laboratorium Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak. Isolat *P. citrophthora* diperbanyak menggunakan media *Potato Dextrose Agar* (PDA). Pengujian sifat antimikrobia asap cair kayu bengkirai mengacu metode Kartal *et al.* (2011). Konsentrasi asap cair yang digunakan yaitu 0; 0,5; 1,0; 1,5; dan 2,0 %. Medium PDA disterilisasi menggunakan *autoclave* pada suhu 121°C, tekanan 103,4 kPa (15 psi) selama 15 menit. Isolat *P. citrophthora* dengan diameter 2 mm ditumbuhkan tepat di tengah cawan petri yang sudah berisi media PDA dengan konsentrasi dan suhu pirolisis asap cair yang berbeda sesuai dengan perlakuan. Sebagai kontrol adalah cawan petri hanya berisi media PDA. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Cawan petri yang sudah diinokulasi *P. citrophthora* diinkubasi pada suhu ruang. Koloni *P. citrophthora* diukur diameternya selama 7 hari. Daya hambat pertumbuhan *P. citrophthora* ditentukan dengan rumus, sebagai berikut:

$$DH = \left[\frac{(K-P)}{K} \right] \times 100 (\%)$$

Keterangan: DH = persentase daya hambat pertumbuhan *P. citrophthora*, K = diameter pertumbuhan *P. citrophthora* (mm) pada kontrol, P = diameter pertumbuhan *P. citrophthora* (mm) pada perlakuan asap cair kayu bengkirai.

Analisis Data

Pengaruh konsentrasi asap cair dari kayu bengkirai (X), terdiri atas 0; 0,5; 1,0; 1,5; dan 2,0 % terhadap daya hambat pertumbuhan *P. citrophthora* (Y), pada suhu 350, 400, dan 450°C ditentukan dengan menggunakan analisis regresi linier sederhana.

Persamaan regresi sederhana (Montgomery, 1991) sebagai berikut: $Y = b_0 + bX$

dengan catatan Y = variabel terikat (daya hambat pertumbuhan *P. citrophthora*, %), b_0 = konstanta, b = koefisien regresi, dan X = variabel bebas (konsentrasi asap cair kayu bengkirai, %).

Data yang diperoleh dilakukan analisis dengan regresi linear sederhana. Analisis regresi antara variabel X dan Y menggunakan taraf nyata 5%. Analisis regresi menggunakan program *Statistical product and service solutions* (SPSS) versi 24.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya Hambat Asap Cair dari Kayu Bengkirai terhadap Pertumbuhan *P. citrophthora*

Daya hambat asap cair kayu bengkirai terhadap pertumbuhan *P. citrophthora* pada konsentrasi 0; 0,5; 1,0; 1,5; dan 2,0 % terhadap suhu pirolisis asap cair kayu bengkirai pada suhu 350, 400, dan 450°C, tercantum pada Gambar 1–3 dan Tabel 1.

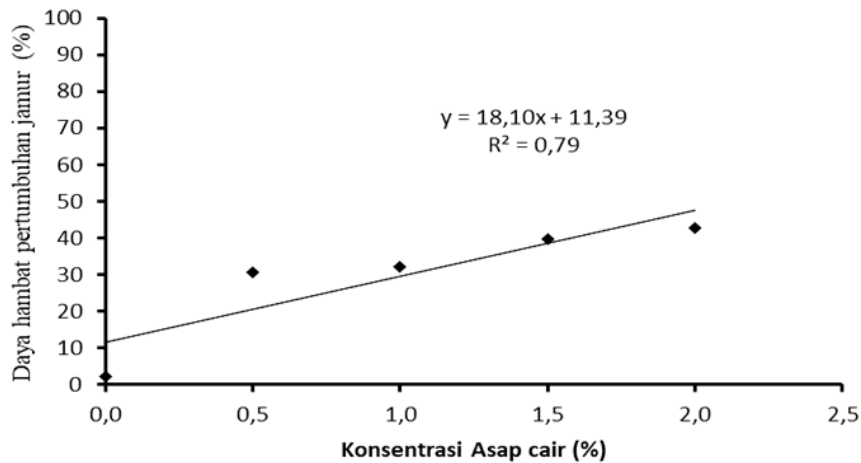
Hasil analisis regresi dan korelasi menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi asap cair pada suhu pirolisis 350, 400, dan 450°C masing-masing berpengaruh nyata terhadap daya hambat pertumbuhan *P. citrophthora* ($p < 0,05$).

Persamaan regresi sederhana dan koefisien regresi perlakuan konsentrasi asap cair kayu bengkirai terhadap daya hambat terhadap pertumbuhan *P. citrophthora* pada suhu pirolisis asap cair 350, 400, dan 450°C berturut-turut adalah $Y = 18,10 + 11,39X$ dan 0,79, $Y = 33,60 + 5,77X$ dan 0,99, serta $Y = 52,75 + 7,09X$ dan 0,95. Berdasarkan analisis regresi, maka dapat ditentukan nilai LC_{50} pada suhu pirolisis asap cair 350, 400, dan 450°C masing-masing sebesar 2,8; 2,84; 0,39%.

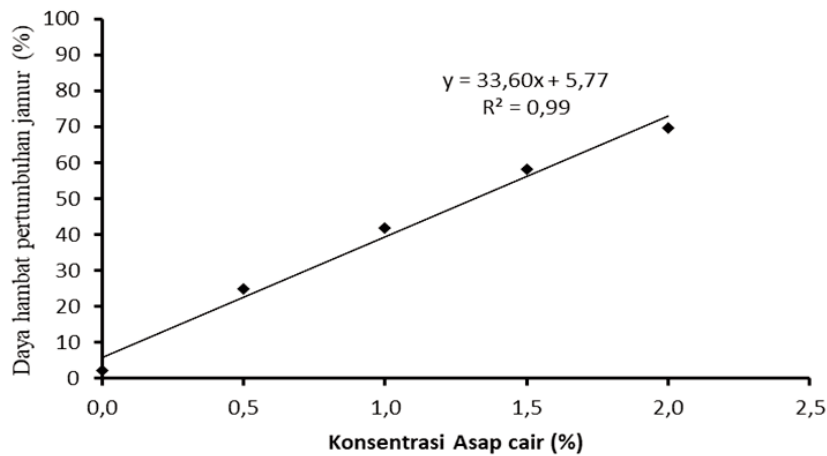
Kondisi ini menunjukkan bahwa makin tinggi konsentrasi asap cair makin tinggi daya hambat asap cair kayu bengkirai terhadap pertumbuhan *P. citrophthora*. Hal ini sesuai dengan makin tinggi konsentrasi asap cair makin tinggi konsentrasi kandungan kimia dalam asap cair yang berfungsi sebagai antimikrobia.

Tabel 1. Pengaruh perlakuan asap cair terhadap daya hambat pertumbuhan *Phytophthora citrophthora*

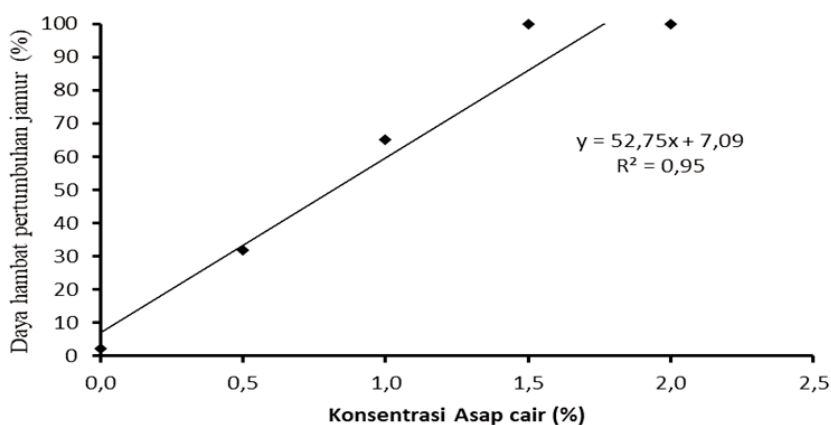
Perlakuan	Suhu pirolisis (°C)		
	350	400	450
Kontrol	2,20 ± 1,06	2,20 ± 1,06	2,20 ± 1,06
0,5	30,68 ± 0,75	25,01 ± 1,47	31,86 ± 1,61
1,0	32,10 ± 0,75	41,80 ± 1,00	65,12 ± 1,85
1,5	39,82 ± 0,73	58,28 ± 1,12	100,00 ± 0,00
2,0	42,79 ± 0,90	69,55 ± 0,57	100,00 ± 0,00



Gambar 1. Hubungan antara konsentrasi asap cair (%) pada suhu pirolisis 350°C terhadap daya hambat asap cair dari kayu bengkirai terhadap pertumbuhan *Phytophthora citrophthora*



Gambar 2. Hubungan antara konsentrasi asap cair (%) pada suhu pirolisis 400°C terhadap daya hambat asap cair dari kayu bengkirai terhadap pertumbuhan *Phytophthora citrophthora*



Gambar 3. Hubungan antara konsentrasi asap cair (%) pada suhu pirolisis 450°C terhadap daya hambat asap cair dari kayu bengkirai terhadap pertumbuhan *Phytophthora citrophthora*

Hasil penelitian ini diperkuat oleh penelitian Kartal *et al.* (2011) yang mengungkapkan bahwa tingginya konsentrasi asap cair merupakan titik kritis terhadap daya hambat terhadap pertumbuhan jamur.

Indrayani *et al.* (2012) menyatakan bahwa komponen fenol dan asam pada asap cair hasil pirolisis tandan kosong kelapa sawit (TKKS) meningkat secara signifikan dengan peningkatan suhu pirolisis. Lebih

lanjut dijelaskan bahwa komponen fenol pada asap cair pada suhu pirolisis 350, 400, dan 450°C berturut-turut sebesar 2,18; 2,26; dan 3,63%. Sementara itu, komponen asap pada asam cair juga meningkat seiring dengan meningkatnya suhu pirolisis. Kandungan asam dalam asap cair pada suhu pirolisis 350, 400, dan 450°C berturut-turut sebesar 5,41; 5,89; dan 6,31%.

Tingginya daya hambat asap cair kayu bengkirai hasil pirolisis pada suhu 450°C (Gambar 3) diduga karena tingginya kandungan fenol dan asam. Berdasarkan identifikasi kandungan komponen penyusun asap cair menggunakan GC-MS bahwa persentase area puncak yang menunjukkan bahwa komponen kimia asap cair kayu bengkirai tertinggi adalah komponen fenol (Oramahi *et al.* 2018). Lebih lanjut dijelaskan bahwa komponen fenol asap cair hasil pirolisis pada suhu 350, 400, dan 450°C berturut-turut adalah 9; 84; 15; 72; dan 26,51 %. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Indrayani *et al.* (2012), kandungan fenol dan asam asap cair TKKS pada suhu 450°C merupakan jumlah komponen tertinggi. Penelitian yang telah dilakukan tersebut hanya melaksanakan analisis kadar fenol total dan total asam belum melakukan analisis turunan fenol dan turunan asam pada suhu pirolisis asap cair yang berbeda.

Yahayu *et al.* (2017) melaporkan bahwa asap cair dari kulit buah nanas mengandung komponen 2,6-dimetoksi fenol dan 2-metoksi metil fenol dan mempunyai sifat antijamur dalam menghambat *A. niger* dan *Botryodiplodia theobromae*. Mahmud *et al.* (2016) menyatakan bahwa asap cair dari cangkang kelapa sawit mempunyai sifat antijamur dan ditemukan bahwa kandungan utama dalam asap cair adalah fenol dan turunannya. Wei *et al.* (2010) melaporkan bahwa asap cair yang diperoleh dari hasil pirolisis cangkang kacang tanah pada suhu 311–550°C mempunyai 41 komponen yang terdiri atas kelompok fenol (62,86%), keton (8,18 %), asam organik (8,02 %), dan turunan furan (1,77 %). Kelompok fenol dominan, antara lain 2-metoksi fenol, 2-metoksi-5-metil fenol, fenol, 4-metil fenol, 2,6-dimetoksi fenol, 3-metoksi-1,2-benzenediol, 3,4-dimetoksi fenol, 1-(4-hidroksi-3-metoksi fenil)-2-propanon, 1,2-benzenediol, 4-metil-1,2-benzenediol, 2-metil-1,4-benzenediol. Kelompok asam dominan, antara lain asam asetat dan asam propionat.

Hassan *et al.* (2016) melaporkan bahwa kandungan kimia pada asap cair dominan adalah kelompok

fenol yang terdiri atas fenol, 2-metil fenol, 3-metil fenol, 2-metoksi fenol, 2,6-dimetil fenol, 2,4-dimetil fenol, 3-etil fenol, 2,3-dimetil fenol, 2-metoksi-4-metil fenol, 4-etil-2-metoksi fenol, 2,6-dimetoksi fenol, eugenol, 2-metoksi-4-propil fenol, dan cis dan trans isoeugenol. Menurut Zhanchao *et al.* (2017), komponen kelompok fenol dominan pada asap cair hasil pirolisis cangkang kacang adalah 2-metoksifenol, 2-metoksi-4-metilfenol, fenol, 4-etil-2-metoksifenol. Araújo *et al.* (2017) menyatakan bahwa asap cair dari *Eucalyptus urograndis* dan *Mimosa tenuiflora* merupakan produk alami sebagai agen antibakteri dan antijamur. Kedua jenis asap cair ini mampu menghambat pertumbuhan bakteri yaitu *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), dan *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), dan *Candida albicans* (ATCC 10231) dan *Cryptococcus neoformans*. Lebih lanjut dijelaskan bahwa komponen dominan pada kedua jenis asap cair tersebut adalah furfural dan fenol. Kandungan fenol asap cair dari *Eucalyptus urograndis* dan *Mimosa tenuiflora*, masing-masing sebesar 44,04 dan 56,36 %.

Mekanisme aktivitas senyawa fenol sebagai antimikrobia adalah terjadinya reaksi dengan membran sel yang menyebabkan terganggunya proses permeabilitas membran sel dan terjadinya inaktivasi enzim-enzim esensial, atau kombinasi dari keduanya (Davidson & Branen, 1981). Selanjutnya Cowan (1999) menyatakan bahwa mekanisme senyawa fenol sebagai antijamur melalui penghambatan aktivitas enzim yang diperlukan pada saat menginfeksi tanaman. Selain itu, dibandingkan dengan fenol itu sendiri, senyawa hasil oksidasi fenol memiliki aktivitas antimikroba yang lebih tinggi, melalui gangguan pembentukan dinding sel dan pengaturan metabolisme sel (Semangun, 1996; Agrios, 2005)

KESIMPULAN

Asap cair yang diperoleh dari kayu bengkirai mempunyai sifat antimikrobia dalam menghambat pertumbuhan *P. citrophthora*. Suhu pirolisis asap cair dan konsentrasi asap cair kayu bengkirai berpengaruh sangat nyata terhadap penghambatan pertumbuhan *P. citrophthora*. Asap cair yang mempunyai daya hambat pertumbuhan *P. citrophthora* terbesar diperoleh dari hasil pirolisis pada suhu 450°C dan konsentrasi asap cair 1 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai DIPA Universitas Tanjungpura tahun 2016, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan Universitas Tanjungpura, Pontianak. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Sdr. Rikhsan Kurniatuhadi, S.Si., M.Si yang telah membantu pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G. N. 2005, *Plant Pathology*, Fifth Edition, Academic Press, San Diego. 952 p.
- Aisyah, I., N. Juli, & G. Pari. 2013. Pemanfaatan Asap Cair Tempurung Kelapa untuk Mengendalikan Cendawan Penyebab Penyakit Antraknosa dan Layu Fusarium pada Ketimun. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 31: 170–178.
- Alvarez, L. A., A. Vicent, E. De la Roca, J. Bascón, P. Abad Campos, J. Armengol, & J. García-Jiménez, J. 2008. Branch Cankers on Citrus Trees in Spain Caused by *Phytophthora citrophthora*. *Plant Pathology* 57: 84–91.
- Araújo, E.D., A.S. Pimenta, F.M.C. Feijó, R.V.O. Castro, M. Fasciotti, T.V.C. Monteiro, & K.M.G. de Lima. 2017. Antibacterial and Antifungal Activity of Pyroligneous Acid from Wood of *Eucalyptus urograndis* and *Mimosa tenuiflora*. *Journal of Applied Microbiology* 124: 85–96.
- Baimark, Y. & N. Niamsa. 2009. Study on Wood Vinegars for Use as Coagulating and Antifungal Agents on the Production of Natural Rubber Sheets. *Biomass and Bioenergy* 33: 994–998.
- Cabras, P., M. Schirra, F.M. Pirisi, V.L. Garau, & A. Angioni. 1999. Factors Affecting Imazalil and Thiabendazole Uptake and Persistence in Citrus Fruits Following Dip Treatment. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 47: 3352–3354.
- Choi, G. G., S.J. Oh, S.J. Lee, & J.S. Kim. 2015. Production of Bio-based Phenolic Resin and Activated Carbon from Bio-oil and Biochar Derived from Fast Pyrolysis of Palm Kernel Shells. *Bioresource Technology* 178: 99–107.
- Cowan, M. M. 1999. Plant Products as Antimicrobial Agents. *Clinical Microbiology Reviews* 12: 564–582.
- Davidson, P.M. & A.L. Branen. 1981. Antimicrobial Activity of Non-Halogenated Phenolic Compound. *Journal of Food Protection* 44: 623–632.
- Hassan, E.B., E.M. El-Giar, & P. Steele. 2016. Evaluation of the Antioxidant Activities of Different Bio-oils and their Phenolic Distilled Fractions for Wood Preservation. *International Biodeterioration & Biodegradation* 110: 121–128.
- Indrayani, Y., H.A. Oramahi, & Nurhaida. 2012. Evaluasi Asap Cair sebagai Bio-Termitisida untuk Pengendalian Rayap Tanah *Coptotermes* sp. *Tengkawang* 1: 87–96.
- Kartal, S.N., E. Terzi, K. Kose, J. Hofmeyr, & Y. Imamura. 2011. Efficacy of Tar Oil Recovered during Slow Pyrolysis of Macadamia Nut Shells. *International Biodeterioration & Biodegradation* 65: 369–373.
- Kim, S. J., S.H. Jung, & J.S. Kim. 2010. Fast Pyrolysis of Palm Kernel Shells: Influence of Operation Parameters on the Bio-oil Yield and the Yield of Phenol and Phenolic Compounds. *Bioresource Technology* 101: 9294–9300.
- Lee, S.H, P.S. H'ng, M.J. Cow, A.S. Sajap, B.T. Tey, U. Salmiah, & Y.L. Sun. 2011. Effectiveness of Pyroligneous Acid from Vapour Released in Charcoal Industry against Biological Attacks under Laboratory Condition. *Journal of Applied Sciences* 11: 3848–3853.
- Mahmud, K. N., M.A. Yahayu, S.H.M. Sarip, N.H. Rizan, C.B. Min, N.F. Mustafa, N.F. Mustafa, S. Ngadiran, S. Ujang, & Z.A. Zakaria. 2016. Evaluation on Efficiency of Pyroligneous Acid from Palm Kernel Shell as Antifungal and Solid Pineapple Biomass as Antibacterial and Plant Growth Promoter. *Sains Malaysiana* 45: 1423–1434.
- Montgomery, D.C. 1991. *Design and Analysis of Experiments*. Third Edition. John Wiley and Sons, New York. 672 p.
- Mugiastuti, E. & A. Manan. 2009. Pemanfaatan Asap Cair untuk Mengendalikan *Fusarium oxysporum* dan *Meloidogyne* spp. *Pembangunan Pedesaan* 9: 43–49.
- Okutucu C, G. Duman, S. Ucar, I. Yasa, & J. Yanik. 2011. Production of Fungicidal Oil and Activated Carbon from Pistachio Shell. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 91: 140–146.
- Oramahi, H.A. & T. Yoshimura. 2013. Antifungal and Antitermitic Activities of Wood Vinegar from *Vitex pubescens* Vahl. *Journal of Wood Science* 59: 344–350.
- Oramahi, H. A. & F. Diba, 2014. New Bio Preservatives from Lignocelluloses Biomass Bio-oil for Anti Termites *Coptotermes curvignathus* Holmgren. *Procedia Environmental Sciences* 20: 778–784.
- Oramahi, E.R.P. Wardoyo, & Kustiati, 2018. *Chemical Characterazation and Biological Activities of Wood Vinegar from Wood Wastes of Furniture Industry*. Laporan Kemajuan Penelitian Kerja Sama Luar Negeri dan Publikasi Internasional. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Tanjungpura, Pontianak. 37 hlm. (tidak dipublikasikan).

- Ortuno, A., M.C. Arcas, J.M. Botia, M.D. Fuster, & J.A. Del Río. 2002. Increasing Resistance against *Phytophthora citrophthora* in Tangelo Nova Fruits by Modulating Polymethoxyflavones Levels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 2836–2839.
- Prabowo, H., E. Martono, & Witjaksono. 2016. Aktivitas Asap Cair Limbah Batang Tembakau sebagai Insektisida terhadap Larva *Spodoptera litura* Fabricius. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* 20: 22–27.
- Semangun, H. 1996. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 754 hlm.
- Shiny, K.S., O.K. Remadevi, H.C. Nagaveni, & G. Vijayalakshmi. 2014. Preliminary Study on Antifungal Effect of Coconut Shell Pyrolytic Oil Against Wood Decay Fungi. *International Wood Products Journal* 5: 124–126.
- Stefanidis, S.D., K.G. Kalogiannis, E.F. Iliopoulou, C.M. Michailof, P.A. Pilavachi, & A.A. Lappas. 2014. A Study of Lignocellulosic Biomass Pyrolysis via the Pyrolysis of Cellulose, Hemicellulose and Lignin. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 105: 143–150.
- Theapparatt, Y., A. Chandumpai, W. Leelasuphakul, N. Laemsak, & C. Ponglimanont. 2014. Physico-chemical Characteristics of Wood Vinegars from Carbonization of *Leucaena leucocephala*, *Azadirachta indica*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Hevea brasiliensis* and *Dendrocalamus asper*. *Natural Science* 48: 916–938.
- Tranggono, Suhardi, B. Setiadji, P. Darmadji, Supranto, & Sudarmanto. 1996. Identifikasi Asap Cair dari Berbagai Jenis Kayu dan Tempurung Kelapa. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan* 1: 15–24.
- Wei, Q., X. Ma, & J. Dong, 2010. Preparation, Chemical Constituents and Antimicrobial Activity of Pyrolytic Acids from Walnut Tree Branches. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 87: 24–28.
- Yahayu, M., K.N. Mahmud, M.N. Mahamad, S. Ngadiran, S. Lipeh, S. Ujang, & Z.A. Zakaria. 2017. Efficacy of Pyrolytic Acid from Pineapple Waste Biomass as Wood Preserving Agent. *Jurnal Teknologi* 79: 1–8.
- Yaseen, T., L. Schena, F. Nigro, & A. Ippolito. 2010. *Phytophthora citrophthora* is the Predominant Phytophthora Species in Syrian Citrus Groves. *Phytopathologia Mediterranea* 49: 205–211.
- Yatagai, M., M. Nishimoto, K.H.T. Ohira, & A. Shibata. 2002. Termiticidal Activity of Wood Vinegar, its Components and their Homologues. *Journal of Wood Science* 48: 338–342.
- Zhanchao, L., Z. Zhang, W. Lijie, W. Jichang, L. Zhenheng, Z. Zhongwe, Z. Hanqi & W. Ziming. 2017. Preparation and Characterization of Two Wood Vinegars Obtained from Hull of Spina Date Seed and Shell of Peanut. *Chemical Research in Chinese Universities* 33: 348–353.